

PENGEMBANGAN SISTEM AKUISISI DATA TEKANAN DAN TEMPERATUR PADA FESPeCo MENGGUNAKAN NI cRIO 9074

Kussigit Santosa

Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir

ABSTRAK

PENGEMBANGAN SISTEM AKUISISI DATA TEKANAN DAN TEMPERATUR PADA FESPeCo MENGGUNAKAN NI cRIO 9074. Telah dilakukan pembuatan sistem akuisisi data tekanan dan temperatur pada sarana eksperimen pendinginan sungkup reaktor. FESPeCo (Fasilitas Eksperimen Pendingin *Containment*) merupakan sarana simulasi untuk mendalami perilaku pembebanan internal yaitu berupa perubahan tekanan dan temperatur didalam sungkup reaktor PLTN jenis PWR yang diakibatkan karena kehilangan pendingin air. Tekanan gas yang berasal proses pelepasan hasil fisi serta uap air direpresentasikan dengan tekanan gas Helium (He) dan disimulasikan dengan mengatur mengatur laju alir gas He kedalam sungkup. Untuk mengamati fenomena ini diperlukan suatu sistem akuisisi data untuk mencatat perubahan tekanan dan temperatur yang sangat cepat terjadi. Tujuan dari pembuatan sistem akuisisi data temperatur dan tekanan ini adalah untuk mempermudah dan membantu pengumpulan data temperatur dan tekanan pada sungkup yang disebabkan karena pendinginan semburan air dengan kondisi tertentu. Dalam kegiatan ini, dilakukan perangkaian modul-modul berupa perangkat keras dan pengembangan perangkat lunak. Perangkat keras utamanya terdiri Modul cRIO 9074, modul Ni 9213, modul Ni 9203 dan komputer. Perangkat lunak yang digunakan adalah LabVIEW 2011. Sensor yang digunakan pada pengukuran laju alir gas menggunakan *digital mass flow meters* tipe FMA 6600 dari Omega dan sensor tekanan menggunakan *pressure transducer* tipe M5100. Dari hasil uji coba dapat disimpulkan bahwa pembuatan sistem akuisisi data temperatur dan tekanan dapat berjalan dengan baik dan dapat dipergunakan untuk keperluan akuisisi data tekanan dan temperatur serta laju alir gas He pada FESPeCo.

Kata Kunci : Akuisisi data, Temperatur, Tekanan dan Modul Ni cRIO 9074

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF PRESSURE AND TEMPERATURE DATA ACQUISITION SYSTEM FOR FESPeCo FACILITY USING NI cRIO 9074. It has been made a data acquisition system for pressure and temperature in the reactor containment cooling experimental facility. FESPeCo (Containment Cooling Experiment Facility) is a simulation facility to study the behavior of internal loading from the changes of the pressure and temperature inside the reactor containment of PWR nuclear power plant during by the accident of loss of coolant water. The gas pressure due to the release of fission process and water vapor are represented by Helium gas pressure and simulated by adjusting the flow rate of Helium into the containment. To observe the phenomena it is required a data acquisition system to record the changes in pressure and temperature that occur very quickly. The purpose of developing the data acquisition system of temperature and pressure is to facilitate and make easy in collecting the data of temperature and pressure in the containment caused by cooling water spray in the certain conditions. In this activity, there were assembled several modules and developed the software. The main hardware consists of cRIO 9074 module, the Ni 9213 module, Ni 9203 module and the pc. Software uses LabVIEW 2011. Digital mass flow meters from Omega 6600 FMA is used as a sensor to measure gas flow rate and pressure transducer type M5100 is used as pressure sensors. From the test results it can be concluded that the development this temperature and pressure data acquisition system can work properly and can be used for purposes of monitoring pressure and temperature in FESPeCo.

Keywords : Data Acquisition, Temperature, Pressure and Ni cRIO 9074

PENDAHULUAN

Sarana Fasilitas Eksperimen Pendinginan *Containment* (FESPeCo) merupakan sarana penelitian untuk mengetahui dan mempelajari fenomena pendinginan yang terjadi pada pasca *LOCA* saat air pendingin yang bertekanan

disemburkan ke sungkup reaktor. Fenomena yang akan diamati pada pasca *LOCA* ini adalah terbentuknya gas- gas hasil pembelahan dan uap air yang mengakibatkan perubahan tekanan yang sangat cepat pada sungkup teras reaktor. Perubahan yang cepat ini harus diamati dan diteliti untuk mendapatkan sifat dan karakteristik pada saat dilakukan pendinginan. Hambatan yang dihadapi pada sistem akuisisi data sebelumnya adalah tidak bisa mencatat atau merekam besaran tekanan dan laju alir gas He yang merupakan simulasi produk gas hasil pembelahan. Karena begitu pentingnya untuk mengamati dan meneliti fenomena fisis tekanan gas hasil pembelahan dan uap air serta temperatur pada saat pendinginan menggunakan semburan air maka diperlukan suatu sistem yang teliti dan cepat untuk menyimpan data yang sedang diamati.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dikembangkan sistem akuisisi data temperatur dan tekanan berbasis cRIO. *CompactRIO* (cRIO) adalah salah satu *tool* untuk akuisisi data. cRIO merupakan penggabungan modul *real-time processor*, *Field-Programmable Gate Array* (FPGA). Tujuan dari pembuatan sistem akuisisi data ini untuk mencatat dan merekam data perubahan temperatur dan tekanan yang terjadi pada sungkup reaktor dan menyimpannya dalam komputer, sehingga untuk melakukan pengolahan data lebih lanjut dapat dilakukan dengan lebih mudah. Metodologi yang digunakan adalah merangkai modul cRIO dengan Komputer melalui kabel UTP dengan menggunakan *port ethernet* dan protokol *TCP/IP*

serta membuat perangkat lunak penggeraknya menggunakan LabVIEW versi 2011.

Pada kegiatan ini baru sebatas dilakukan pengujian apakah sistem akuisisi data ini dapat berjalan atau tidak. Untuk kalibrasi dan validasi sistem akan dikerjakan pada kegiatan berikutnya.

DESKRIPSI MODUL-MODUL SISTEM

FESPeCo (Fasilitas Eksperimen Pendinginan Containment).

Reaktor PLTN sebenarnya adalah tempat reaksi fisi yang menghasilkan zat radioaktif dan panas pelepasan. Panas pelepasan inilah yang digunakan untuk membangkitkan energi listrik dengan menggunakan mesin turbin uap. Hubungan antara temperatur dan tekanan di dalam sungkup reaktor sangat penting. Salah satu kegagalan reaktor dapat terjadi karena kegagalan pendinginan seperti pada peristiwa *LOCA*. Kegagalan pendinginan ini akan menyebabkan panas yang tidak terkendali sehingga akan menyebabkan kerusakan teras reaktor dan bisa mengakibatkan pelepasan gas gas hasil pembelahan uranium didalam sungkup⁽¹⁾. Fasilitas FESPeCo ini dikembangkan untuk mengamati dan meneliti kejadian pasca *LOCA*.

LabVIEW 2011

LabVIEW merupakan singkatan dari *Laboratory Virtual Instruments Engineering Workbench*. LabVIEW adalah bahasa pemrograman yang menekankan pada bahasa pemrograman gambar atau grafik (*Graphical Programming Language*). Program labVIEW sering disebut juga sebagai *Virtual Instruments* (VI). Setiap VI terdiri dari tiga bagian utama⁽²⁾, yaitu :

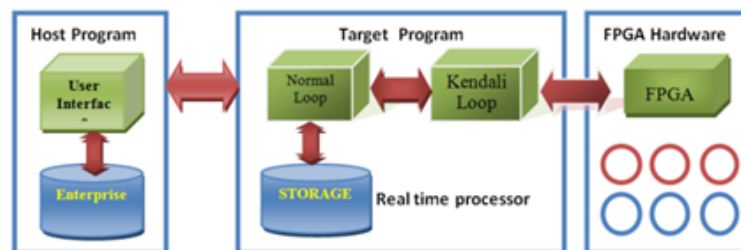
- **Front Panel**, *front panel* ini nantinya merupakan tampilan antarmuka yang akan tampil dilayar monitor saat program VI di eksekusi.
- **Block Diagram**, blok diagram merupakan program utama pada LabVIEW dan sebagai driver dari *front panel*.
- **Project explorer**, merupakan hirarki dari struktural program. Posisi atau letak suatu VI pada *project explorer* sangat menentukan ruang lingkup dan jangkauan nya.

Pada kegiatan ini LabVIEW digunakan sebagai perangkat lunak untuk mendrive perangkat keras modul Ni 9074 cRIO supaya berfungsi menjadi perangkat akuisisi data emperatur dan tekanan pada fasilitas FESPeCo.

Modul Ni 9074 cRIO

Modul *CompactRIO* (cRIO) adalah merupakan penggabungan modul *real-time processor-controller*, *Field-Programmable Gate Array* (FPGA), dan modul IO yang dapat di tata-ulang kembali (*reconfigurable IO Modules "RIO"*) serta *chassis* ekspansi *ethernet* yang kesemuanya dalam bentuk yang kompak yang diproduksi oleh *National Instruments*. Sedangkan FPGA merupakan IC bertipe *Hardware Definition Language* (HDL) yang mana pemakai dapat merancang *hardware* sesuai yang diinginkan di dalam IC FPGA^(2,3). Aliran kendali dan data serta hirarki antara komputer *host* dengan cRIO dapat ditunjukkan pada Gambar 1 sedangkan bentuk fisik dari cRIO 9074 dapat disajikan pada Gambar 2.

Modul ini merupakan modul utama yang berfungsi mengendalikan dan mengontrol modul-modul yang digunakan.



Gambar 1. Hirarki antara komputer *host* dengan cRIO Ni 9074



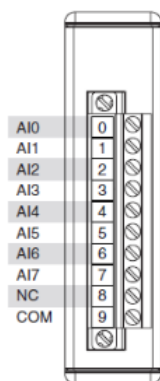
Gambar 2. cRIO Ni 9074

Modul Ni 9203

Modul Ni 9203 merupakan modul input analog 16 Bit, ± 20 ma yang terdiri dari 8 *channel* yang berfungsi untuk pengkondisian sinyal yang masuk ke dalam modul tersebut. Sinyal yang masuk harus memenuhi spesifikasi tertentu yaitu mempunyai besaran analog dalam bentuk arus dari 4 sampai dengan 20 ma. Dalam kegiatan ini modul ini menerima masukan sinyal dari sensor tekanan *pressure transducer* tipe M5100 dan sensor FMA 6600 dari Omega untuk aliran gas He. Bentuk dari modul Ni 9203 seperti terlihat pada Gambar 3. dan Gambar 4. Modul ini mempunyai 10 terminal yang dapat dilepas (*detachable*) dengan konektor baut, dan menyediakan 8 (delapan) *channel* masukan analog⁽⁴⁾.



Gambar 3. Modul Ni 9203



Gambar 4. Antarmuka konektor Modul Ni 9203

Modul Ni 9213⁽⁵⁾

Modul ini merupakan antarmuka untuk sensor termokopel. Termokopel yang dapat di pasang pada modul ini adalah tipe J, K, T, E, N, B, R dan S dan modul ini mempunyai nyai *channel* sebanyak 16. Pada kegiatan ini, modul Ni 9213 menerima masukan yang berasal dari sensor termokopel tipe K yang mempunyai jangkauan pengukuran -200°C sampai dengan 1250°C sebanyak 7 buah. Bentuk modul ini dapat dilihat seperti Gambar 5.



Gambar 5. Modul Ni 9213

BAHAN DAN PERALATAN

1. Modul CompacRIO 9074 (1 unit)
2. Modul Ni 9203 (1 unit)
3. Modul Ni 9213 (1 unit)
4. *Power Supply* DC 24 Volt (1 unit)
5. Sensor termokopel tipe K (7 buah)
6. *Pressure transducer* (2 unit)
7. *Digital mass flow meters* tipe FMA 6600 (1 unit)
8. Kabel penghubung (10 meter)
9. Personal Komputer beserta Sistem Operasi Windows Xp (1 unit)
10. Perangkat lunak LabView versi 2011 beserta modul *Real Time* (1 unit)

11. Perangkat lunak Ni CompacRIO 9074
(1 unit)

TATA KERJA DAN PEMBUATAN

Langkah-langkah pembuatan sistem akuisisi data pada fasilitas FESPeCo adalah:

Langkah pertama :

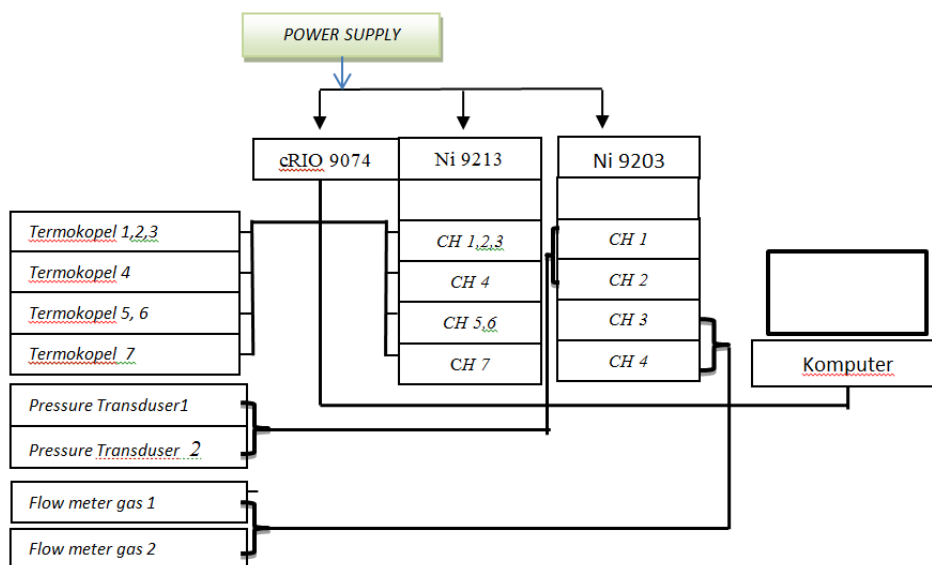
Merangkai modul NicRIO 9074, Ni 9203, Modul Ni 9213, *power supply* dan komputer.

Langkah kedua :

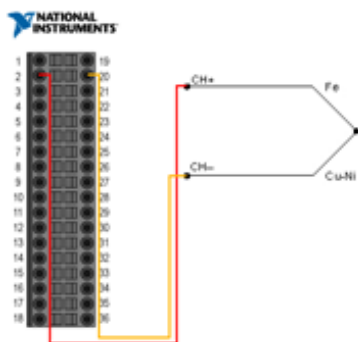
Membuat driver atau program berupa VI yang akan mendriver cRIO 9074 beserta modul Ni 9213 dan Ni 9203.

HASIL DAN PEMBAHASAN

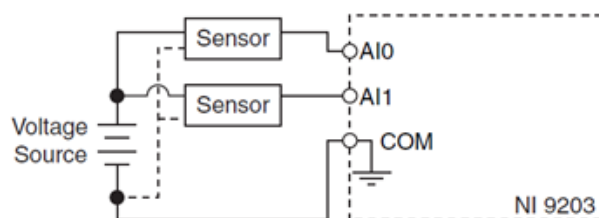
Modul NicRIO 9074 merupakan modul utama. Hubungan antara masing-masing modul ini harus sesuai dengan spesifikasi. Sensor termokopel tipe K yang jumlahnya 7 (tujuh) buah disambungkan ke modul Ni 9213 dan 2 sensor tekanan disambungkan ke modul Ni 9203. Untuk Laju alir gas keluarannya juga disambungkan pada modul Ni 9203. Untuk melihat lebih jelas blok rangkaian sistem akuisisi data ini dapat dilihat pada Gambar 6. Sedangkan pengkabelan termokopel pada modul Ni 9213 dapat dilihat pada Gambar 7 dan pengkabelan baik untuk sensor tekanan dan sensor *flow meter* gas dapat disajikan pada Gambar 8.



Gambar 6. Diagram blok sistem akuisisi data pada FESPeCo



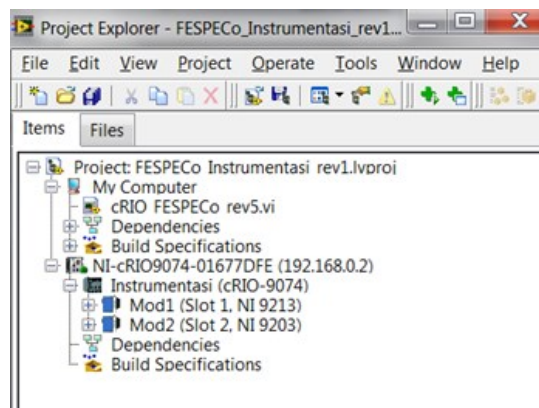
Gambar 7. Pengkabelan



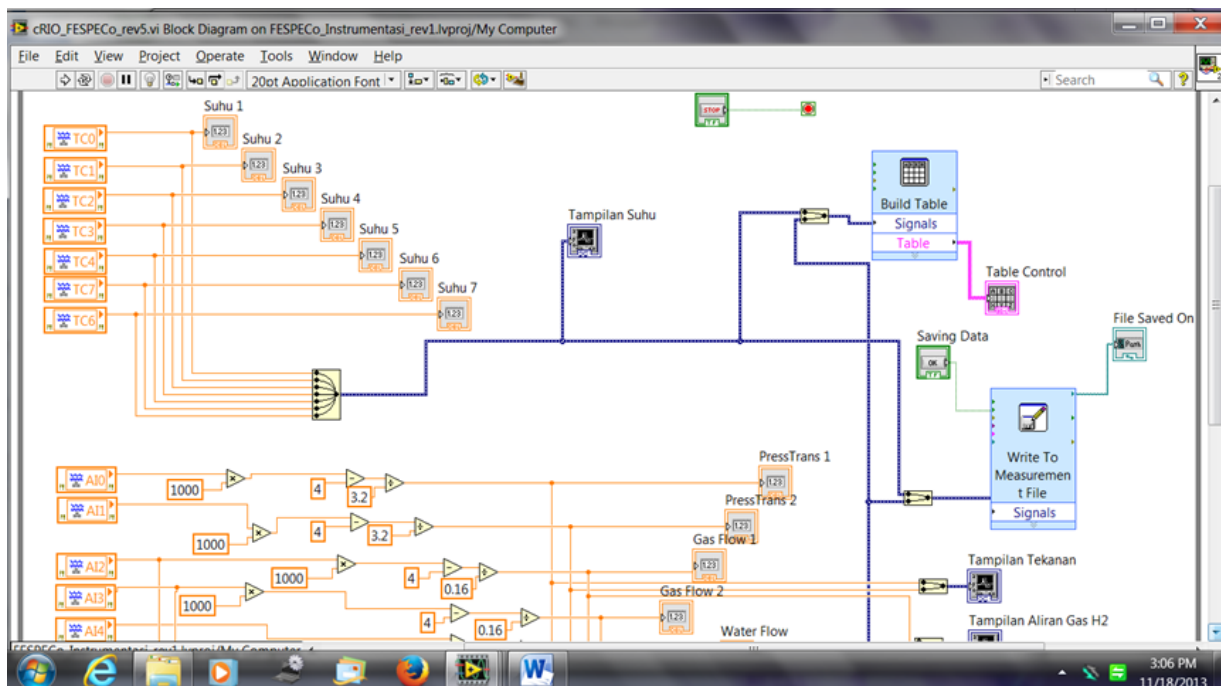
Gambar 8. Pengkabelan sensor tekanan dan sensor *flow meter* gas

Langkah selanjutnya adalah membuat program kendali akuisisi data pada komputer menggunakan perangkat lunak LabVIEW 2011, program ini lebih dikenal dengan nama *Virtual Instrument (VI)*. Untuk tipe cRIO letak program VI dapat diletakkan di direktori *My computer* atau di bawah direktori cRIO. Pada kegiatan ini driver diletakkan dibawah direktori *My computer*. Artinya driver diletakkan pada komputer bukan di modul cRIO. Seperti terlihat pada Gambar 9.

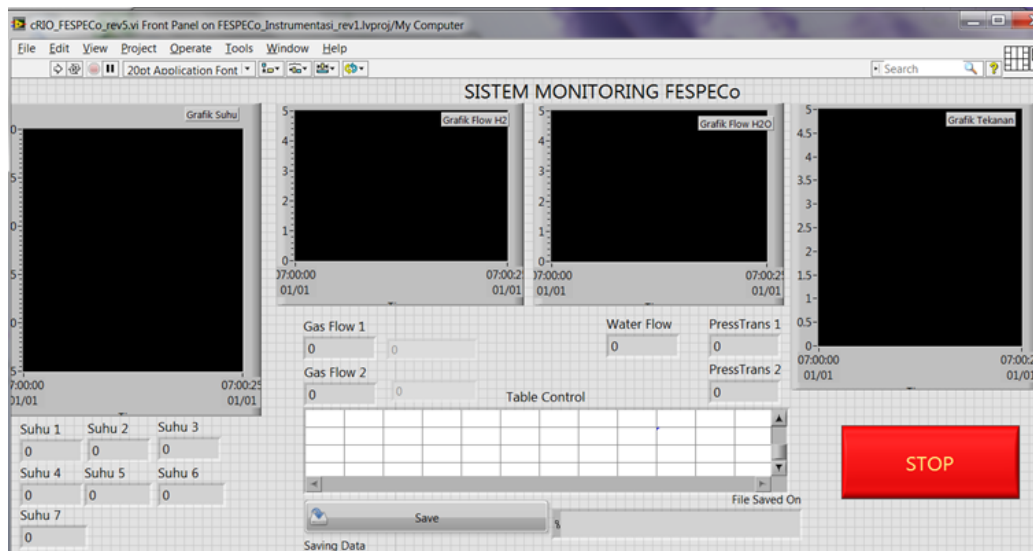
Pemograman dimulai dengan mengatur *channel-channel* yang akan dihubungkan dengan sensor sensor pada modul Ni 9203 maupun Ni 9213. Setelah semua terkoneksi dengan benar maka baru bisa dibuat programnya. Salah satu penggalan program dapat disajikan pada Gambar 10. Untuk rancangan tampilan (*front panel*) pada sistem akuisisi data ini dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 9. Letak VI driver cRIO FESPeCo rev5.vi pada *Project Explorer*



Gambar 10. VI dari *Block Diagram* akuisisi data FESPeCo

Gambar 11. Tampilan *front panel* akuisisi data FESPeCo

Modul Ni 9203 membaca *output* dari *pressure transduser* berupa besaran arus listrik dalam kisaran 4 – 20 mA. Besaran ini akan dikonversi menjadi 0 – 5 Bar. Untuk itu dilakukan perhitungan persamaan linear ($y = ax + b$) dengan menggunakan dua buah variabel yaitu besaran arus (mA) dan besaran tekanan (Bar).

Jika x adalah tekanan dan y adalah arus maka ketika $(x,y) = (0,4)$ dan $(x_1,y_1) = (5,20)$, untuk mencari nilai a digunakan persamaan:

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(y - y_1)}{(x - x_1)} = \frac{(4 - 20)}{(0 - 5)} = \frac{(-16)}{(-5)} = 3,2$$

Sehingga: $y = ax + b$,

$$y = 3.2x + 4,$$

serta $x = (y-4) / 3,2$

Untuk besaran laju alir gas dapat dicari dengan pendekatan yang sama yaitu jika x adalah laju alir dan y adalah arus maka $(x,y) = (0,4)$ dan $(x_1,y_1) = (100,20)$, untuk mencari nilai a digunakan persamaan:

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{(y - y_1)}{(x - x_1)} = \frac{(4 - 20)}{(0 - 100)} = \frac{(-16)}{(-100)} = 0.16$$

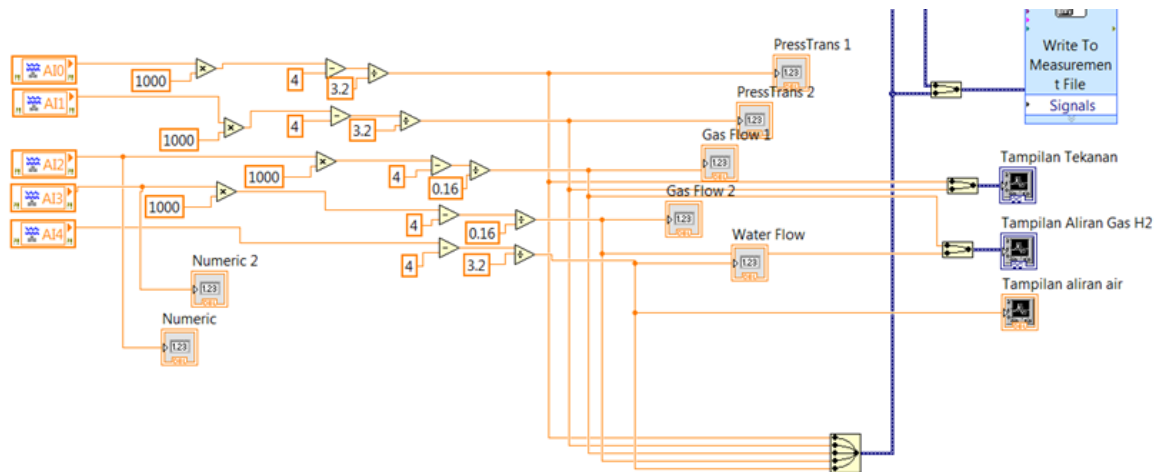
Sehingga: $y = ax + b$,

$$y = 0.16x + 4$$

serta $x = (y-4) / 0,16$

Besaran y inilah yang dimasukkan didalam diagram blok. Dan besaran x yang akan ditampilkan pada *front panel*. Cara pemasukan nilai y dan konstanta lain dapat dilihat pada Gambar 12.

Ringkasan hasil percobaan sistem akuisisi data temperatur dan tekanan pada FESPeCo dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil percobaan sistem akuisisi data temperatur dan tekanan yang ditampilkan pada Tabel 1 maka dapat dilihat bahwa pembuatan sistem akuisisi data temperatur dan tekanan dapat berjalan dengan baik. Pada percobaan ini belum dilakukan validasi secara statistik. Validasi hanya dilakukan secara manual yaitu dengan melakukan perubahan besaran masukan pengukuran temperatur dan tekanan pada titik-titik tersebut dan melihat apakah nilai tampilan pada *monitoring* berubah atau tidak.

Gambar 12. Cara Pemasukan Nilai y dan Kontanta Pada *Software* LabView

Tabel 1. Hasil uji coba sistem akuisisi data temperatur dan tekanan pada sekonden

Interval	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	P1	P2	Q1	Q2
14.2598	28.156	34.156	27.733	34.320	34.601	35.105	36.143	0.999	0.997	0.315	-0.167
14.3598	28.156	34.156	27.733	34.320	34.601	35.105	36.143	0.982	1.032	0.346	-0.196
14.4598	28.156	34.156	27.733	34.320	34.601	35.105	36.143	0.892	0.942	0.323	-0.212
14.5598	28.156	34.156	27.733	34.320	34.601	35.105	36.143	0.790	0.840	0.317	-0.210
14.6598	28.156	34.156	27.733	34.320	34.601	35.105	36.143	0.722	0.772	0.301	-0.178
14.7598	28.156	34.156	27.733	34.320	34.601	35.105	36.143	0.710	0.760	0.297	-0.194
14.8599	28.156	34.156	27.733	34.320	34.601	35.105	36.143	0.686	0.736	0.385	-0.194
14.9599	28.156	34.156	27.733	34.320	34.601	35.105	36.143	0.648	0.698	0.395	-0.116
15.0599	28.156	34.156	27.733	34.320	34.601	35.105	36.143	0.645	0.695	0.305	-0.190
15.1599	28.154	34.165	27.737	34.311	34.596	35.098	36.152	0.559	0.609	0.383	-0.190
15.2599	28.154	34.165	27.737	34.311	34.596	35.098	36.152	0.525	0.575	0.366	-0.190
15.3599	28.154	34.165	27.737	34.311	34.596	35.098	36.152	0.491	0.541	0.303	-0.180
15.4599	28.154	34.165	27.737	34.311	34.596	35.098	36.152	0.457	0.507	0.317	-0.192
15.5599	28.154	34.165	27.737	34.311	34.596	35.098	36.152	0.423	0.473	0.280	-0.196
15.6599	28.154	34.165	27.737	34.311	34.596	35.098	36.152	0.389	0.439	0.346	-0.210
15.7599	28.154	34.165	27.737	34.311	34.596	35.098	36.152	0.355	0.405	0.356	-0.178
15.8599	28.154	34.165	27.737	34.311	34.596	35.098	36.152	0.321	0.371	0.405	-0.214

Keterangan :

T : Pembacaan Temperatur. °C

P : Tekanan , Bar

Q : Debit gas He (liter per menit)

Interval : Jarak antar akuisisi data dilakukan (ms)

KESIMPULAN

Telah dilakukan pembuatan sistem akuisisi data tekanan dan temperatur pada FESPeCo menggunakan Ni cRIO 9074. Dari hasil uji coba dapat disimpulkan bahwa sistem *monitoring* ini dapat berjalan dengan baik, yaitu besaran temperatur dan tekanan dapat terdokumentasi dengan baik dan tercatat pada komputer. Dengan demikian, hasil pengembangan sistem akuisisi data tekanan dan temperatur ini dapat dipergunakan untuk mendukung kegiatan eksperimen di Fasilitas Eksperimen Pendingin *Containment* .

DAFTAR PUSTAKA

1. Tjahjono, H., *Verifikasi Dinamika Pembebanan dan Kondensasi Uap pada Sungkup PWR melalui Pemodelan Eksperimental*, Laporan Teknis PTRKN BATAN, 2010.
2. *Lab View with cRIO Tutorial; Control System Design*, National Instruments, 2006. Tersedia di <https://cats-fs.rpi.edu/~wenj/ECSE446S06/LabViewcRIOTutorial.pdf> .
3. *OPERATING INSTRUCTIONS AND SPECIFICATIONS CompactRIO™ cRIO-9074*, National Instruments.
4. *OPERATING INSTRUCTIONS AND SPECIFICATIONS Ni 9203*, National Instruments, 2008.
5. *OPERATING INSTRUCTIONS AND SPECIFICATIONS Ni 9213*, National Instruments, 2009.